

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
1. Датум и орган који је именовео комисију 29.06.2016. Наставно-научно веће Факултета техничких наука
2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: 1. Др Вера Марковић, редовни професор. УНО Телекомуникације, 15.09.2002, Електронски факултет, Универзитет у Нишу 2. Др Васа Радонић, научни сарадник. УНО Електроника, 20.04.2011, Институт БиоСенс у Новом Саду 3. Др Николина Јанковић, научни сарадник. УНО Електроника, 18.12.2014, Институт БиоСенс у Новом Саду 4. Др Горан Стојановић, редовни професор. УНО Електроника, 21.10.2015, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду 5. Др Весна Црнојевић-Бенгин, редовни професор. УНО Физичке методе у заштити животне средине, 24.03.2016, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
1. Име, име једног родитеља, презиме: Горан, Велемир, Китић
2. Датум рођења, општина, држава: 29.06.1984., Нови Сад, Србија
3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Факултет техничких наука, Енергетика, електроника и телекомуникације, дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства – мастер
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2010. Енергетика, електроника и телекомуникације
5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране -
6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Микроталасни сензори влажности земљишта засновани на компонентама са дистрибуираним параметрима

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација Горана Китића написана је на 150 страна, на српском језику. Садржи 9 глава, 11 табела, 96 слика и 112 навода литературе. Кључна документација написана је на српском и енглеском језику.

Дисертација садржи следеће главе:

1. Увод

2. Земљиште и вода

3. Методе за мерење влажности земљишта

4. Сензори за мерење влажности узорака земљишта у непоремећеном стању

5. Теоријске основе минијатурног сензора влажности земљишта

**6. Пројектовање и фабрикација сензорског елемента у технологији штампаних
плоча**

7. Електрично коло за мерење фазног кашњења

8. Пројектовање и фабрикација сензорског елемента у LTCC технологији

9. Закључак

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов рада јасно је формулисан и разумљив, прецизно описује предмет истраживања и у потпуности указује на садржај рада.

У поглављу *Увод* дата су уводна разматрања која имају за циљ да укажу на значај сензора влажности земљишта, као и на потребу за унапређењем њихових перформанси. Такође је назначен научни допринос дисертације у виду два сензорска решења. Поред уводних разматрања и кратког приказа научног доприноса докторске дисертације, у првом поглављу описана је организација дисертације и дат је кратак преглед сваког од поглавља докторске дисертације.

У поглављу *Земљиште и вода*, земљиште је описано са становишта основних физичких особина попут текстуре, структуре и порозности, а потом су ове особине земљишта доведене у везу са присуством воде. Затим су дефинисане водне константе земљишта које су од велике важности за иригационе системе. На крају овог поглавља земљиште је размотрено са аспекта својих електричних особина.

У поглављу *Методe за мерење влажности земљишта* описане су постојеће методе за мерење влажности земљишта, где је посебан акценат дат на индиректним методама, које имају брз одзив, недеструктивне су и пружају могућност континуалног праћења влажности земљишта.

У глави *Сензори за мерење влажности узорака земљишта у непоремећеном стању* описан је нови, робусни сензор. Након описаног поступка пројектовања и моделовања сензора дати су резултати мерења за два различита типа земљишта ритске црнице и карбонатног чернозема. На основу резултата мерења конструисане су калибрационе криве које су коришћене за мерења влажности тест узорака, при чему су добијени резултати били у сагласности са референтним гравиметријским мерењима. На крају ове главе показана је могућност употребе сензора за електричну карактеризацију НТЦ прахова по први пут на учестаностима до 1 GHz.

У поглављу *Теоријске основе минијатурног сензора влажности земљишта* описана је метода фазног кашњења као принципска метода предложеног сензорског решења. Након описане методе изведен је израз за ефективну пермитивност микрострипа и дат је утицај основних параметара микрострипа на одзив сензора.

Поглавље *Пројектовање и фабрикација сензорског елемента у технологији штампаних плоча* принципски потврђује концепт методе фазног кашњења као и аналитички показану тврдњу да се на довољно високим учестаностима утицај електричне проводности земљишта практично може занемарити. Међутим у овом поглављу предочени су и главни недостаци технологије штампаних плоча као и могућа погодна технологија за потребе израде сензора влажности земљишта у виду нискотемпературне заједно печене керамике (LTCC – *Low Temperature Co-fired Ceramics*).

У поглављу *Електрично коло за мерење фазног кашњења* описан је поступак пројектовања електричног кола неопходног за побуду сензора и вршење мерења влажности. Пројектовано коло је израђено и тестирано, а резултати мерења дати су на крају поглавља.

Поглавље *Пројектовање и фабрикација сензорског елемента у LTCC технологији* садржи детаљан опис израде сензора почев од симулација и пројектовања преко свих неопходних корака потребних за фабрикацију сензора. Резултат овог поглавља јесте сонда за мерење влажности земљишта која је тестирана на два узорка земљишта различитог хемијског састава, како би се показала независност овог типа сензора од типа земљишта.

У поглављу *Закључак* дат је предлог будућих истраживања која имају за циљ даље унапређење израђених сензорских решења.

Одељак *Библиографија* садржи 112 литературних навода који су прегледно систематизовани. Коришћена литература је обимна, савремена и правилно одабрана према захтевима теме која се разматра.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

M21 – Радови у врхунском међународном часопису

G. Kitić, V. Crnojević Bengin: „A Sensor for the Measurement of the Moisture of Undisturbed Soil Samples“, *Sensors* 2013, 13, 1692-1705; doi:10.3390/s130201692
G. M. Stojanović, G. Kitić, S. M. Savić, V. Crnojević Bengin: „Electrical Characterization of Nickel Manganite Powders in High-Frequency Range“, *J. Alloys Comp.* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2012.11.184>

M33 - Радови саопштени на скупу међународног значаја штампани у целини

G. Kitić, V. Crnojević Bengin: „Measurement of Complex Dielectric Permittivity of Undisturbed Soil Samples“, *ISEMA 2013*, Weimar, Germany, 25-27. Septembar, 2013.

B. Will, V. Crnojević Bengin, G. Kitić: „Microwave Soil Moisture Sensors“, *Proceedings of the 43rd European Microwave Conference EuMA 2013*, Nuremberg, Germany, 7-10. Oktobar 2013.

G. Kitić, V. Crnojević Bengin: „The Influence of Conductivity on the Microstrip Soil Moisture Sensor“, *3rd Global Workshop on Proximal Soil Sensing*, Potsdam, Germany, 26-29 May 2013.

G. Kitić, V. Crnojević Bengin, Ferran Martin: „Laboratory Microwave Method for Direct Gravimetric Measurement of Soil Moisture“, *EcoSense 2011*, Belgrade, Serbia, 5-6. April 2011.

V. Radonić, G. Kitić, V. Crnojević Bengin: „Novel Hilbert Soil Moisture Sensor Based on the Phase Shift Method“, *Mediterranean Microwave Symposium MMS 2010*, Guzelyurt, Cyprus, 25-27. Avgust, 2010.

V. Crnojević Bengin, S. Pavić, G. Kitić, V. Radonić, F. Martin: „Meta Sense Project – Miniature Metamaterial – Based Soil Moisture Sensor“, *BioSense2009*, 14.-15. Oktobra 2009, Novi Sad, Srbija, ISBN/ISSN: ISBN 978-86-7892-285-5.

M34 – Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

J. Matović, V. Crnojević Bengin, G. Kitić: „Nanotechnology in Sensors for Environmental Monitoring“, *International Conference Bioscience IBSC 2014*, 29-30. Septembar, Thailand.

V. Radonić, G. Kitić, V. Crnojević-Bengin: „Soil Moisture Sensors Based On Metamaterials“, *BioScience for the Future 2010 7th (IMT-GT UNINET and the 3rd Joint International PSU-UNS Conference)*, 7.-8. Oktobar 2010, Thailand.

M52 – Радови у часопису од националног значаја

G. Kitić, V. Radonić, V. Crnojević Bengin, „Soil Moisture Sensors Based on Metamaterials“, *Songklanakar J. Sci. Technol.* 34 (6), 689-693, Nov. - Dec. 2012

M63 - Радови саопштени на скупу националног значаја штампани у целини

S. Birgermajer, G. Kitić, V. Crnojević-Bengin, „Microwave Soil Moisture Sensor Based on Phase Shift Detection of Transmission Coefficient in Band-Stop Structures“, *TELFOR 2011*, Beograd, 22-24 nov. 2011.

G. Kitić, V. Radonić, N. Janković, Vesna Crnojević-Bengin, „Сензор влажности земљишта базиран на методи фазног помераја“, *Etran 2010*, Donji Milanovac, 7.-11. jun. 2010.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У дисертацији су предложена два сензорска решења за мерење влажности земљишта. Први сензор је формиран надоградњом делова опреме за узорковање земљишта за узорковање земљишта и у стању је да одреди влажност земљишта у непоремећеном стању што представља битну предност у односу на остале сензоре. Значајно је напоменути да мерење влажности Копецки сензором није временски захтевно као што је то случај код стандардне гравиметријске методе.

Показана је и извесна разноврсност предложеног сензора у смислу да се исти може користити за електричну карактеризацију прашкастих и течних узорака. У том смислу су карактерисани никл-манганитни НТЦ прахови по први пут на учестаностима до 1 GHz. Због своје робусности Копецки сензор је искоришћен и за температурну карактеризацију НТЦ материјала на температурама и до 100°C. Захваљујући оствареним резултатима

могуће је пројектовање кола на бази НТЦ прахова за температурну компензацију, која се користе у модерним телекомуникационим уређајима.

Резултат ове дисертације је и минијатурни сензор влажности земљишта који је намењен *in situ* применама. Приликом пројектовања овог сензора теоријски је показана, а експериментално потврђена тврдња да се на довољно високим учестаностима утицај електричне проводности земљишта може занемарити. Будући да је електрична проводност у блиској вези са типом земљишта наведени резултат представља један корак ближе у реализацији сензора влажности земљишта који је независан од типа земљишта.

За потребе мерења влажности помоћу мерне сонде развијено је електрично коло за мерење фазног кашњења. Испројектовано коло је упоређено са резултатима мерења векторског анализатора мрежа при чему је максимална релативна грешка износила 5.56% у односу на пун мерни опсег.

Сензорски елемент сензора влажности земљишта је израђен у LTCC технологији која је заснована на керамичким материјалима што предложени сензор чини робусним и еколошким решењем. Израђени елемент је смештен у цилиндрично кућиште од никлованог месинга које је перфорирано при доњем ободу и испуњен грануларном матрицом од кварцног брашна. На овај начин формирана је сонда за мерење влажности земљишта. Грануларна матрица решила је проблем осетљивости сензорског елемента на квалитет контакта са околним земљиштем.

Битна предност израђене сонде јесте да она нема потрошних делова као што је то случај код резистивног сензора са грануларном матрицом и њене перформансе не деградирају временом због робустних керамичких елемената. Такође, предложени сензор је имунији на шум од сензора који су засновани на мерењима у временском домену, пошто је базиран на мерењу фазе а не амплитуде сигнала.

Разматрајући целокупну докторску дисертацију, Комисија је закључила да она својим садржајем, постигнутим резултатима и закључцима превазилази све критеријуме који се постављају пред докторску дисертацију те да представља оригиналан научни допринос од значаја у области сензора влажности земљишта.

<p>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА / Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.</p>
<p>Кандидат Горан Китић у целости је обавио истраживања која су била предвиђена планом датим у пријави докторске дисертације. На основу прегледа и анализе докторске дисертације Комисија сматра да је целокупан приказ дисертације добро и јасно структуриран, прегледан, систематичан и у складу са темом дисертације. Тумачење резултата је високостручно и показује да кандидат влада материјом и поседује висок ниво знања из области. Резултати истраживања потврђују постављене хипотезе истраживања. Коришћена литература указује да су размотрени актуелни ставови у области сензора влажности земљишта. У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.</p>
<p>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме Докторска дисертација у потпуности је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе Дисертација садржи оригиналне научне доприносе као и све елементе потребне за разумевање обрађене тематике и добијених резултата. Дат је обиман преглед литературе, а резултати истраживања су приказани и тумачени на одговарајући начин.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци У овој дисертацији презентована су два нова сензора влажности земљишта. Први сензор заснован је на коаксијалном воду и представља надоградњу стандардне опреме за узорковање земљишта, Копецки цилиндара. На овај начин омогућена је електрична карактеризација земљишта у непоремећеном стању. Штавише израђени сензор могуће је употребити и за електричну карактеризацију осталих течних и прашкастих материјала што је и показано на примеру никл-манганитних прахова, који су по први пут карактерисани на учестаностима до 1 GHz. Други сензор влажности пројектован је и фабрикован у технологији нискотемпературне заједно печене керамике чиме је понуђено робусно и еколошко решење чије перформансе не деградирају временом. Сензор је заснован на методи фазног кашњења код које су резултати мерења мање подложни утицају шума за разлику од мерења која се ослањају на методе базиране на временском домену. Захваљујући довољно високој радној учестаности одзив сензора независан је од електричне проводности земљишта која је уско повезана са типом земљишта. Оригинални резултати из области коју обухвата ова дисертација објављени су у међународним научним часописима са импакт фактором и саопштени на међународним скуповима, чиме се даље потврђује да докторска дисертација представља оригиналан допринос науци.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања / <i>Shortcomings and their effects on the research results</i> Дисертација нема битне недостатке који утичу на резултате истраживања.</p>
<p>X ПРЕДЛОГ / Suggestion: На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:</p>
<p>да се докторска дисертација кандидата Горана Китића, под насловом „Микроталасни сензор<u>и</u>а влажности земљишта засновани на компонентама са дистрибуираним параметрима“ прихвати, а кандидату одобри одбрана.</p>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Вера Марковић, редовни професор, Електронски факултет, Ниш

др Васа Радонић, научни сарадник,
Институт БиоСенс, Нови Сад

др Николина Јанковић, научни сарадник,
Институт БиоСенс, Нови Сад

Ментор: др Горан Стојановић, редовни професор,
ФТН Нови Сад

Ментор: др Весна Црнојевић-Бенгин, редовни
професор, ПМФ Нови Сад

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.